

2方向繰り返し载荷を受ける矩形断面鋼製橋脚の耐震性能の検討

トピー工業（株） 正会員 ○齊藤 信 名古屋工業大学大学院 学生会員 滝 直也
名古屋工業大学大学院 正会員 後藤 芳顕 名古屋工業大学大学院 正会員 小畑 誠

1. はじめに： 鋼製橋脚の耐震性能をより正確に把握するためには少なくとも地震力の水平2方向成分の連成を考慮した検討を行うことが重要である。名古屋工業大学では多軸の繰り返し载荷装置¹⁾を開発し実験ならびに解析により2方向载荷を受ける鋼製橋脚の耐震性能を検討してきた。その成果として円形断面鋼製橋脚についてはすでに詳細を報告した²⁾。ここでは、矩形断面鋼製橋脚を対象に実施した2方向繰り返し载荷実験を構成則に改良型三曲面モデルを導入したシェル要素による複合非線形解析で解析しその精度を検討し、つぎに、複合非線形解析によるパラメトリックスタディを行い、2方向繰り返し载荷での履歴特性を1方向载荷と比較することで明らかにする。

2. 2方向繰り返し载荷実験の解析： 数値解析は汎用構造解析プログラム ABAQUS のユーザーサブルーチンに材料構成則として改良型三曲面モデルを用いた複合非線形解析を行う。

基部より 975 mm までをシェル要素で構成し、基部より 975～1835 mm ははり要素を用いる。また、溶接部分は

図1のE, F, Gに示すようにその面積を考慮した板厚を設定している。パネルや補剛材の結合部

は剛体はり要素により剛域を考慮している。さらに本解析では供試体の初期たわみが座屈形状に与える影響の有無を確認するため、初期たわみを考慮したものと無視したものの2種類のモデルを使用している。**表1**と**図2**にはそれぞれ三曲面モデルのパラメータとそのパラメータを使用した三曲面モデルと一軸引張試験結果との比較を示す。2方向载荷プログラムは従来の漸増型1方向繰り返し载荷と対応が付き、しかも厳しい载荷状態となる**図3**に示すダイヤモンド型繰り返し载荷を用いている。なお、 H_0, δ_0 は1方向载荷での降伏水平力と降伏水平変位を表す。

ダイヤモンド型で $u_x / \delta_0 = u_y / \delta_0 = 1$ の曲線は矩形断面橋脚の降伏曲線を表している。

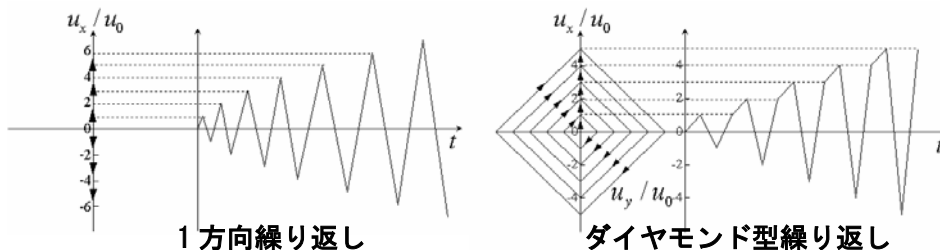


図3 载荷プログラム

3. 実験と解析の比較： **図4**に初

期たわみを考慮した解析結果と実験による水平荷重-水平変位曲線を示す。**図4(a)**の負側 $6\delta_0$ 、**図4(b)**(d)の負側 $5\delta_0$ における水平荷重、**図4(e)**のピーク後の耐力低下にやや差が生じているものの、全般的に実験値と

キーワード 2方向繰り返し载荷, 三曲面モデル, 有限要素法

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-732-2111

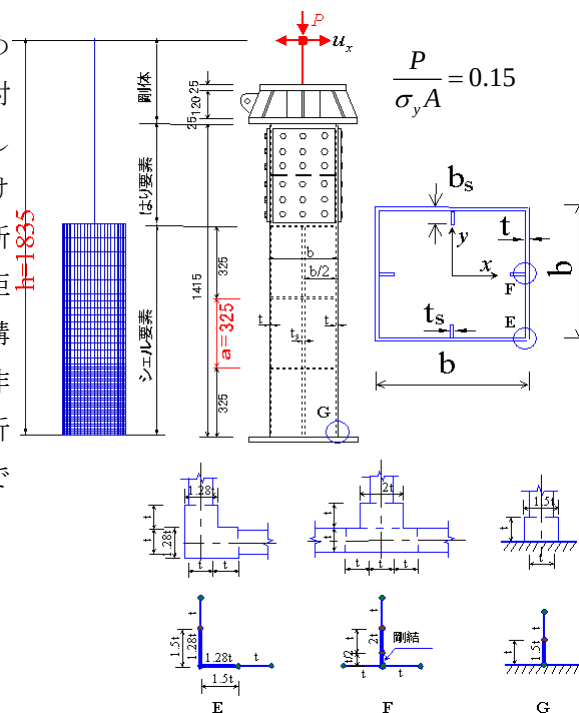


図1 解析モデル

表1 三曲面モデルパラメータ

供試体	E (GPa)	ν	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	ϵ_{yp}^0	f_b / σ_y	β	ρ	κ
RT6-30,40,50-1,2	212.8	0.3	312.5	546.6	0.0256	0.65	100	2	3

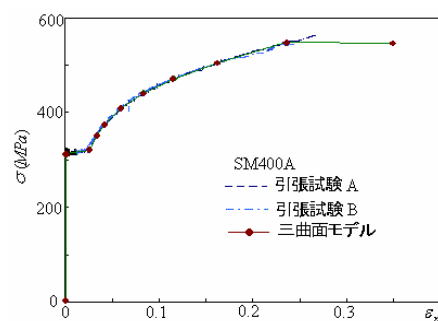


図2 一軸真応力-対数ひずみ関係

一致していることがわかる．また，1方向繰り返し載荷に較べダイヤモンド型ではピーク以降の荷重の低下が大きい．なお，初期たわみを無視した場合，履歴特性には大きな影響はないが局部座屈形状は実験結果と異なったものになる．

4.2 方向繰り返し載荷での履歴特性： 前章の検討でその精度が確認された複合非線形解析により，2方向繰り返し載荷ならびに1方向繰り返し載荷を受ける矩形断面鋼製橋脚の履歴挙動を解析し，履歴特性値の予測式を誘導する．履歴特性値としてはy方向成分履歴ループの包絡線の最大荷重を表す H_m/H_0 と変形能を表す δ_m/δ_0 と δ_{95}/δ_0 を対象とする．ここで， δ_m と δ_{95} はそれぞれ H_m ならびに H_m の95%に低下した点での水平変位を表す．予測式を誘導するための矩形断面鋼製橋脚のモデルとして13種類のものを設定する．橋脚幅以外の寸法諸元や鉛直荷重の大きさは支配パラメータが実橋脚でとりうる範囲で設定する（ $P/\sigma_y A=0.1\sim 0.25$ ， $R_R=0.244\sim 0.609$ ， $\gamma/\gamma^*=1.0\sim 3.0$ ， $\bar{\lambda}=0.189\sim 0.505$ ）．解析結果をもとに曲線近似で2方向繰り返しならびに1方向繰り返し載荷での履歴特性値の予測式を導く．予測式は単純な形が望ましいので以下の式³⁾を用いる．

$$F = \frac{d}{R_R^a \bar{\lambda}^b \lambda_s^c} + e$$

(1)

決定された定数を表2に，予測式と有限要素解析で得られた履歴特性値との関係を図5に示す．図より予測式と解析で得られた履歴特性値とは良い相関関係にあることがわかる．また，2方向繰り返しではとくに H_m/H_0 と δ_m/δ_0 の低下が大きいことが分かる．

5. まとめ： 本研究より改良型三曲面モデルを用いた複合非線形解析により鋼脚柱の2方向繰り返し挙動を精度よく表現できることがわかった．また，2方向繰り返し載荷を受ける矩形断面鋼製橋脚の強度，変形能の予測式を提示した．この予測式によれば2方向入力の影響を陰に含んだ簡易な矩形断面橋脚の復元力モデル作成も可能になる．

参考文献

- 1) 小畑ら：土木学会論文集 No.752/I-66,2004
- 2) 後藤ら：土木学会論文集 No.780/I-70,2005
- 3) 葛ら：構造工学論文集 Vol.44A, 1997.

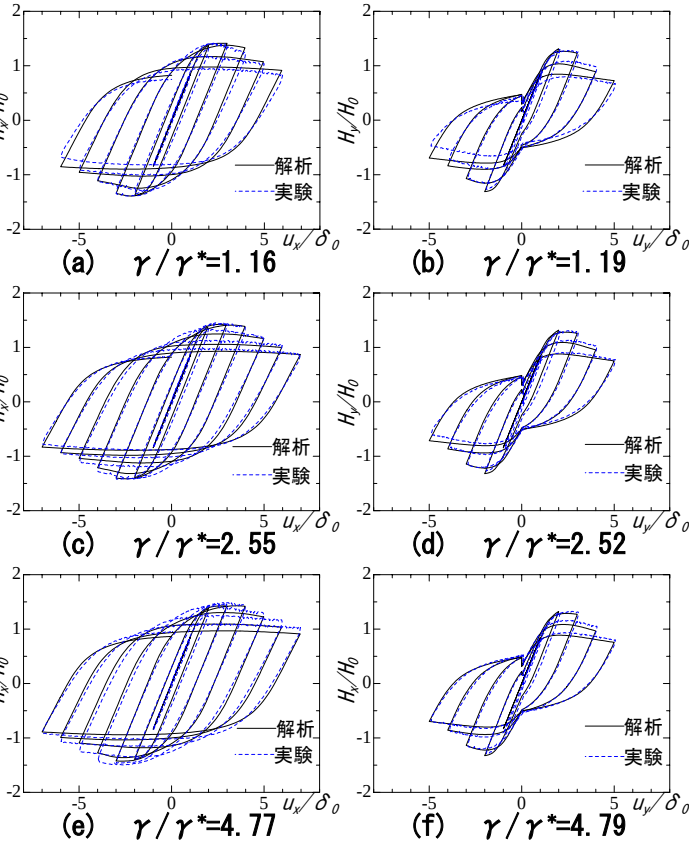


図4 水平荷重-水平変位関係 (R_R≒0.52, λ≒0.38, α=0.15)

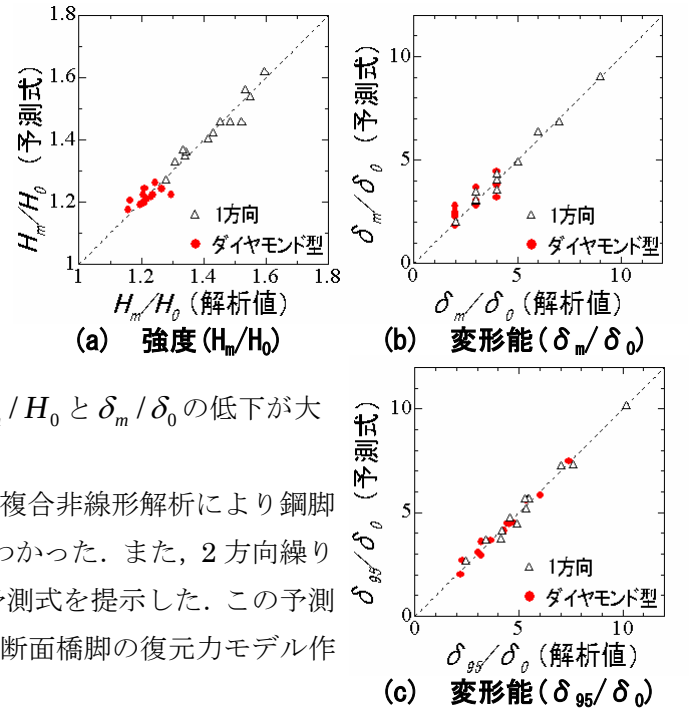


図5 履歴特性値の比較

表2 予測式の定数

F	1方向繰り返し載荷					ダイヤモンド型繰り返し載荷				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
H_m/H_0	0.211	0.105	0	1.328	-0.399	0.024	0.010	0	3.788	-2.705
δ_m/δ_0	1.132	0.568	0.234	0.738	-0.901	0.317	0.097	0	5.990	-6.019
δ_{95}/δ_0	1.259	0.503	0.217	0.698	-0.013	0.949	0.311	0	1.751	-2.025